

MULTILAYER TEXTILE ANTENNA ARRAY

Roman Hermány, Tomáš Pařízek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xherma27@stud.feec.vutbr.cz

xpariz07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zbyněk Raida

E-mail: raida@feec.vutbr.cz

Abstract: Two possible ways to power the serial patch array will be presented. The antenna array is conceived as a multi-layered structure formed on a 3D textile substrate. The first concept – aperture coupled array – is unsuitable for use in close proximity to the electrically conductive shell of the aircraft. The second concept – array coupled with textile integrated waveguide – seems like the best possible solution. The impedance bandwidth of this proposed three elements antenna is 310 MHz, the gain in the main lobe direction is 13.6 dBi.

Keywords: Microstrip line, textile integrated waveguide, patch antenna, slot

1 ÚVOD

Cílem této práce je navrhnout anténní řadu použitelnou v leteckém nebo automobilovém průmyslu s využitím textilních materiálů. Celý koncept je realizován na 3D textilní pletenině od firmy SIN-TEX. Tím se výrazně ušetří hmotnost a zároveň i provozní náklady, protože letadla již tuto pleteninu obsahují k tlumení mechanických vibrací a k teplotní izolaci.

Danou 3D pleteninu tvoří dva pevné pletené povrchy spojené polyesterovými vlákny. V závislosti na hustotě polyesterových vláken se mění i permitivita a ztráty (pro naše účely byla použita pletenina s permitivitou 1,2). Jednotlivé vrstvy 3D pleteniny se pak mohou vzájemně spojovat laminací a tím propojit napájecí síť (mikropáskové vedení nebo TIW vlnovod) s vyzařujícími elementy.

Kovové povrchy jsou realizovány měděnou samolepící fólií nebo stříbrnou polymerovou pastou nanášenou sítotiskem (vodivost se pohybuje kolem $20 \text{ m}\Omega/\square$, v závislosti na použité fólii nebo počtu vrstev stříbrné pasty). Stěny TIW vlnovodu jsou vyšity vodivými nitěmi jejichž vodivost se pohybuje pod $50 \Omega/\text{m}$.

2 NÁVRH

Bezdrátová komunikace mezi sedadly a systémy uvnitř letadla by měla pracovat v ISM pásmu 5,8 GHz. Motivace pro vytvoření anténní řady je co nejlepší pokrytí prostoru uvnitř letadla.

Práce se zaměřuje na dva koncepty buzení takovéto řady.

2.1 ŘADA BUZENÁ APERTURAMI V ZEMNÍ DESCE MEZI FLÍČKY

Struktura se skládá ze dvou vrstev 3D textilu, kde na spodní vrstvě je mikropáskové vedení zakončené naprázdno. Mezi textily pak jeho zemní deska s příčnými štěrbinami, kde první leží čtvrtinu vlnové délky v textilu od otevřeného konce a další pak v jejím celistvém násobku. Na vrchní straně struktury jsou pak flíčky nad středy těchto štěrbin.

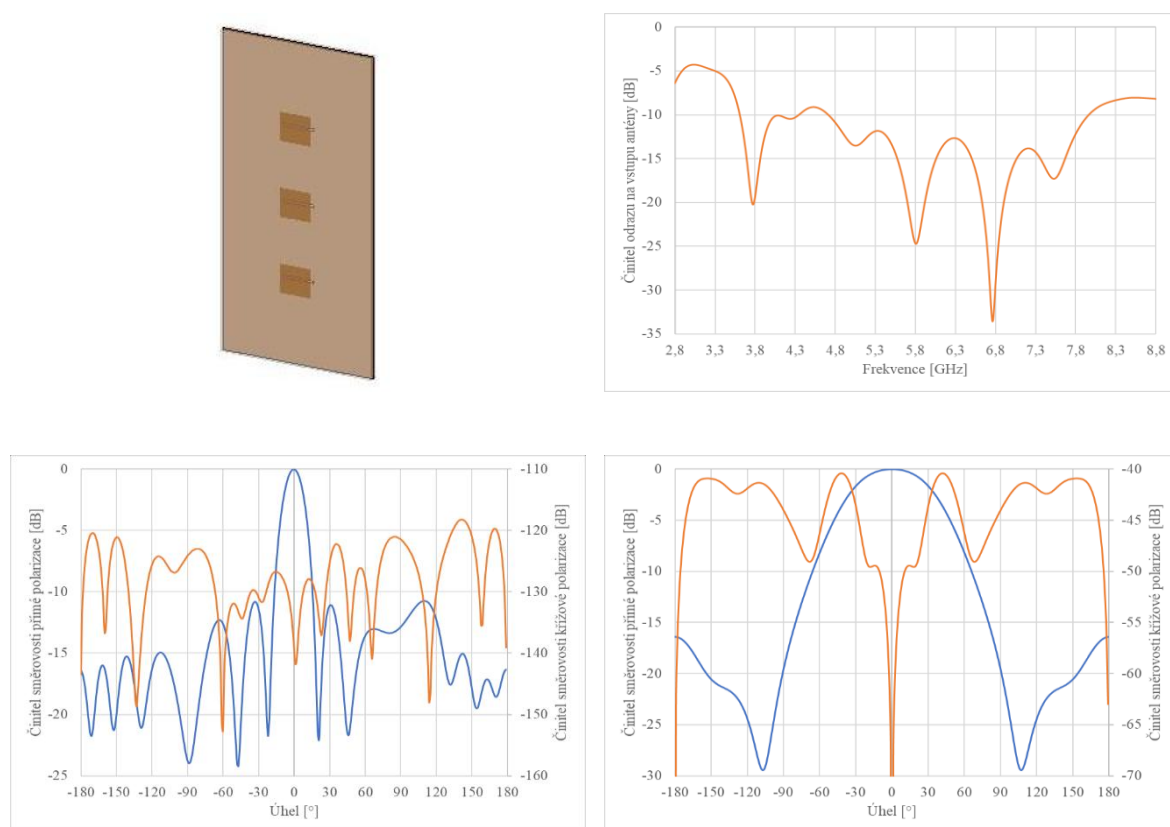
V prvním kroku je navrženo mikropáskové vedení o charakteristické impedanci 50Ω pomocí kalkulátoru který je obsažen v CST MWS, který je pro návrh této práce použit. V dalším kroku se použije Elliotova návrhová procedura podle [2].

Kde se nejprve vytvoří celá struktura, ale pouze s jedním elementem uprostřed a průchozím mikropáskovým vedením s porty na obou koncích. Poté je rovina jednoho portu je posunuta do středu štěrbiny. V tomto bodě jsou pak počítány koeficienty vlastní rezistence R a vlastní reaktance X normované k charakteristické impedanci R_0 podle vzorce [2]:

$$\frac{Z}{R_0} = \frac{R}{R_0} + j \frac{X}{R_0} = \frac{2S_{11}}{1-S_{11}} \quad (1)$$

kde Z je vlastní impedance izolovaného elementu a S_{11} činitel odrazu ve středu elementu.

Pomocí optimalizačních metod v CST a nastavením správných cílů optimalizace, tj. v našem případě třetina R/R_0 a nulová složka X/R_0 na mezní frekvenci, lze jednoduše naladit danou řadu na požadovaný kmitočet.



Obrázek 1: Model navržené struktury (vlevo nahoře), činitel odrazu na vstupu (vpravo nahoře), směrový vyzařovací diagram v rovině E (vlevo dole) a rovině H (vpravo dole) [1].

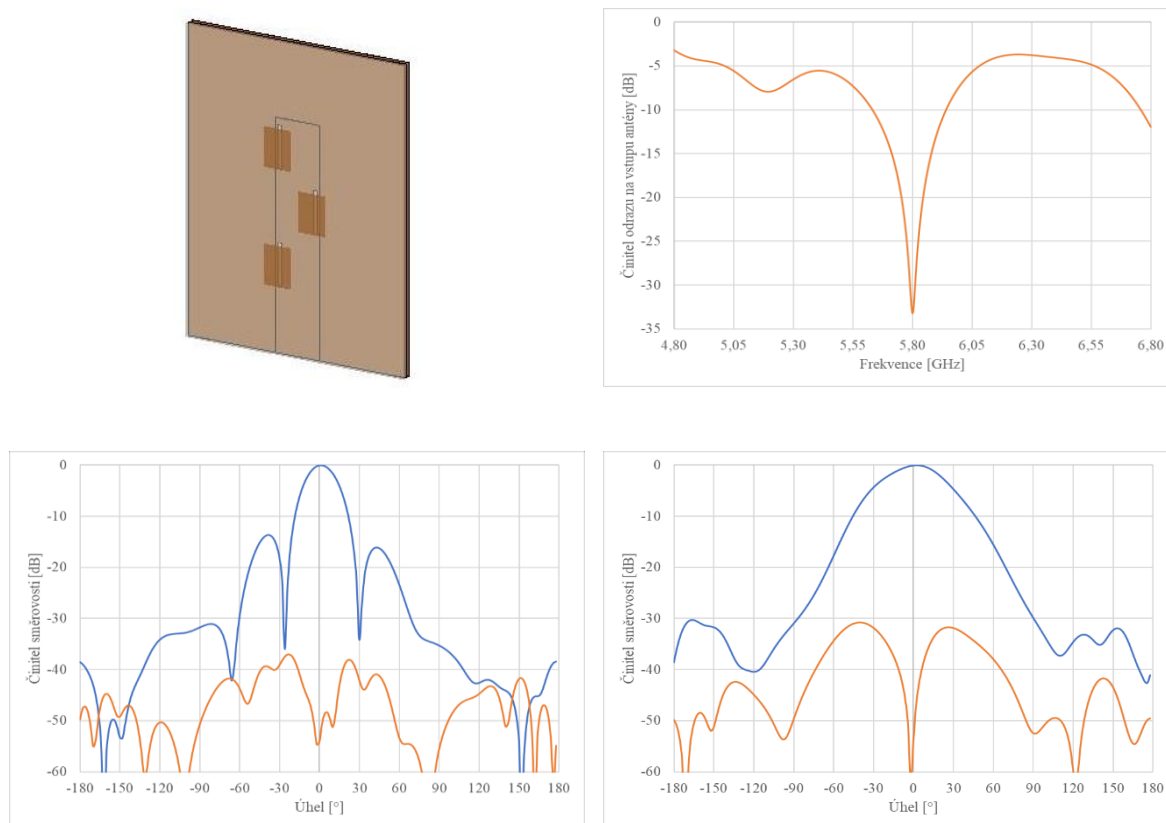
Výsledná struktura vykazuje vysokou šířku pásma a polarizační čistotu.

2.2 ŘADA BUZENÁ APERTURAMI VE VLNOVODU INTEGROVANÝM DO TEXTILU

Základem jsou opět dvě vrstvy pleteniny spojené laminací. Kde spodní pletenina pokovená z obou stran a prošitá vodivými nitěmi tvoří vlnovod integrovaný do textilu TIW. Ve vrchní pokovené vrstvě jsou podélné štěrbiny, což je rozdíl oproti předchozímu návrhu. Výhodou této konfigurace je menší délka vlnovodu při stejném počtu zářících elementů. První štěrbina leží čtvrtinu vlnové délky ve vlnovodu od konce vlnovodu a další pak v násobcích poloviny této vlnové délky viz obrázek 2.

Postup návrhu je obdobný jako pro předchozí strukturu s tím rozdílem, že se nezjišťuje vlastní impedance izolovaného elementu, ale jeho vlastní admittance podle vzorce [2]:

$$\frac{Y}{G_0} = \frac{G}{G_0} + j \frac{B}{G_0} = \frac{-2S_{11}}{1+S_{11}} \quad (2)$$



Obrázek 2: Model navržené struktury (vlevo nahoře), čísel odrazu na vstupu (vpravo nahoře), směrový vyzařovací diagram v rovině E (vlevo dole) a rovině H (vpravo dole) [1].

3 ZÁVĚR

Simulovaná impedanční šířka pásma prvního konceptu je 3,25 GHz při 2,5 milionech diskretizačních buněk. Maximální zisk v rovině E 12,87 dBi, šířka hlavního laloku 19,3° a potlačení postranních laloků 10,7 dB. Maximální zisk v rovině H 13,00 dBi. Ovšem tento koncept není vhodný pro použití v těsné blízkosti elektrického pláště letadla.

Simulovaná impedanční šířka pásma druhého konceptu je 310 MHz při 2 milionech diskretizačních buněk. Maximální zisk v rovině E 13,5 dBi, šířka hlavního laloku 23,7° a potlačení postranních laloků 13,6 dB. Maximální zisk v rovině H 13,6 dBi. Nejvýhodnější řešení pro naše použití.

PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla za podpory grantu FV10087 Ministerstva průmyslu a obchodu a za podpory Interní grantové agentury Vysokého učení technického v Brně projekt č. FEKT-S-17-4713.

REFERENCE

- [1] HERMÁNY, R. *Vícevrstvá textilní anténní řada*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2017. 27 s. Semestrální práce. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida.
- [2] MIKULÁŠEK, T., LÁČÍK, J., PUSKELY, J., RAIDA, Z. Design of aperture-coupled microstrip patch antenna array fed by SIW for 60 GHz band. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 2016, Vol. 10, Iss. 3, pp. 288–292.